

# ÉRTEKEZÉSEK EMLÉKEZÉSEK

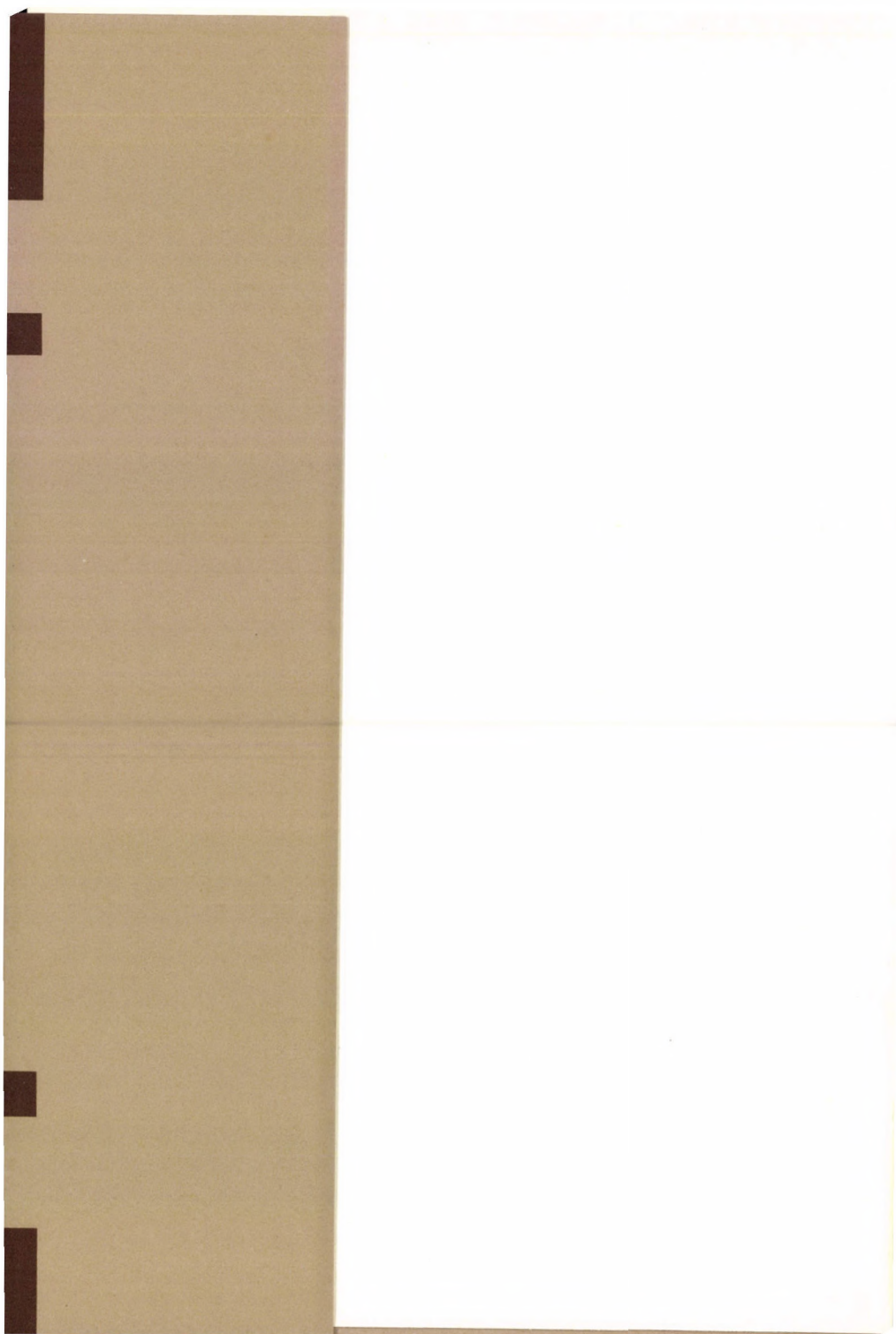
ÁDÁM ANTAL

A DUNÁNTÚLI  
ELEKTROMOS VEZETŐKÉPESSÉG-  
ANOMÁLIA  
FÖLDTANI ÉS MÓDSZERTANI  
JELENTŐSÉGE



89

AKADÉMIAI KIADÓ, BUDAPEST



# ÉRTEKEZÉSEK EMLÉKEZÉSEK

SZERKESZTI  
TOLNAI MÁRTON

ÉRTEKEZÉSEK  
EMLÉKEZÉSEK



ÁDÁM ANTAL

A DUNÁNTÚLI  
ELEKTROMOS VEZETŐKÉPESSÉG-  
ANOMÁLIA  
FÖLDTANI ÉS MÓDSZERTANI  
JELENTŐSÉGE

AKADÉMIAI SZÉKFOGLALÓ

1990. SZEPTEMBER 24.



AKADÉMIAI KIADÓ, BUDAPEST

A kiadványsorozatban a Magyar Tudományos Akadémia 1982.  
évi CXLII. Közgyűlése időpontjától megválasztott rendes  
és levelező tagok székfoglalói — önálló kötetben — látnak  
napvilágot.

A sorozat indításáról az Akadémia főtítkárának 22/1/1982.  
számú állásfoglalása rendelkezett.

ISBN 963 05 6403 3

Kiadja az Akadémiai Kiadó, Budapest

© Ádám Antal, 1992

A kiadásért felelős  
az Akadémiai Kiadó és Nyomda Vállalat igazgatója  
A nyomdai munkálatokat  
az Akadémiai Kiadó és Nyomda Vállalat végezte  
Felelős vezető: Zöld Ferenc  
Budapest, 1992

Nyomdai táskaszám: 21273  
Felelős szerkesztő: Sente László  
Műszaki szerkesztő: Kiss Zsuzsa  
Kiadványszám: 82  
Megjelent: 2,62 (A/5) ív terjedelemben  
HU ISSN 0236-6258

Minden jog fenntartva, beleértve a sokszorosítás, a nyilvános  
előadás, a rádió- és televízióadás, valamint a fordítás jogát,  
az egyes fejezeteket illetően is.

Printed in Hungary

# TARTALOM

1.	Bevezetés . . . . .	7
2.	A dunántúli vezetőképesség-anomália főbb sajátosságai . . . . .	10
3.	Következtetések az anomália mibenlétére . . . . .	14
4.	A grafitos palablokkok belső szerkezete . . . . .	17
5.	A dunántúli anomália kapcsolata a Bakony—Drauzug földtani egységhez	24
5.1.	Gail-völgyi AMT szelvény . . . . .	27
5.2.	AMT szelvény az Ebriach-völgyön keresztül a Karavankákban . . . . .	28
5.3.	AMT szelvény a Zell Pfarre-i-árkon keresztül . . . . .	33
6.	A Periadriai-vonal, a Balaton-vonal és környezetének geofizikai-tektonikai modellje . . . . .	35
7.	Összefoglalás . . . . .	38
8.	Irodalom . . . . .	39





## 1. BEVEZETÉS

A földtani kutatás szükségszerűen a mélység felé halad. A mélyfúrás pontszerű és igen költséges, ezért a mélykutatásban egyre nagyobb szerepet kap a geofizika. Az üledékes medenceink alatt található az a kristályos *medencealjzat*, amely a középhegységünkben a felszínre bújik és napjainkban még sekély medencéivel természeti erőforrásaink tengelyét képezi. E sekély medencék földtani-geofizikai kutatása mellett a figyelem egyre inkább a mélyebb medencék aljzatának részletesebb vizsgálata felé irányul. A kőolajtermelésünk részben máris e mélyebb medencealjzatban lévő csapadékból történik.

A medencealjzat, vagyis a kéreg felső részének kutatásában az ötvenes évektől — a hagyományos gravitációs és mágneses módszerek mellett — egyre nagyobb szerepet kapnak az elektromágneses (EM) módszerek mind a nagy energiaigényű és ennek ellenére is csak korlátozott behatolási mélységű, mesterséges terű módszerek, mind a Föld természetes elektromágneses terének változásait hasznosító eljárások. Az utóbbiak tették lehetővé a *teljes litoszféra* kutatását elsősorban a magnetotellurikus (MT) módszerek révén, amelyek a nagy nemzetközi kéreg- és köpenykutató projektek — így a 80-as évek kezdetétől a jelenleg is érvényben lévő *Nemzetközi Litoszféra Programnak* — meghatározó módszerei lettek.

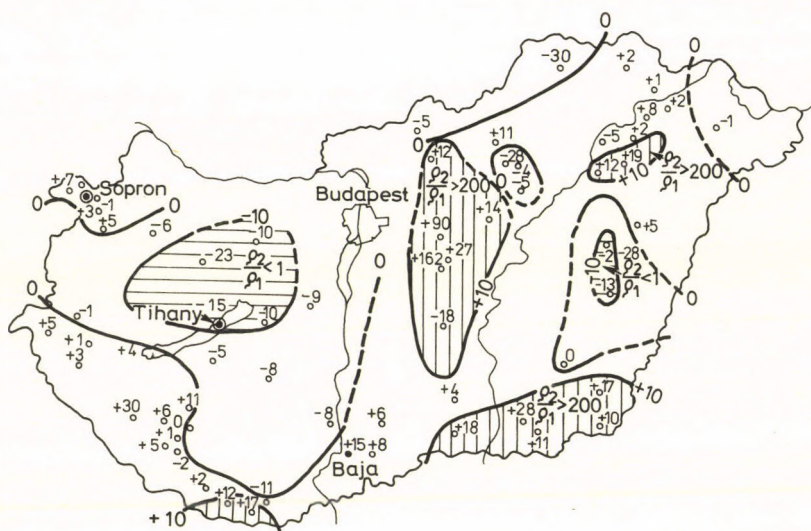
A hazai medencealjzat vagy helyesebben felső kéreg elektromágneses kutatását az ötvenes évek végén kezdtük az általunk kidolgozott *relatív tellurikus frenvekciaszondázással* (RTFSZ) (Ádám és Verő, 1964). Míg az ún. S-periódustartományban végzett *tellurikus méréssel* csak a nagy ellenállású medencealjzat mint vezérszint domborzatát írhatjuk le, addig az RTFSZ-sal a periódus függvényében behatolunk a medencealjzatba és annak elektromos vezetőképességének inhomogenitásáról is képet adhatunk.

A relatív frekvenciaszondázások eredményeként — felhasznál-



nálva a hazai geofizikai intézmények bázisregisztrátumait is — térképet szerkesztettünk a hazánk területén lévő felső kéreg elektromos vezetőképességének anomáliáiról (1. ábra, Ádám és Verő, 1967).

Térképünk egyik legkiemelkedőbb, negatív értékekkel jelzett anomáliafoltja a Balatontól északra jelentkezik. E jelentős ano-



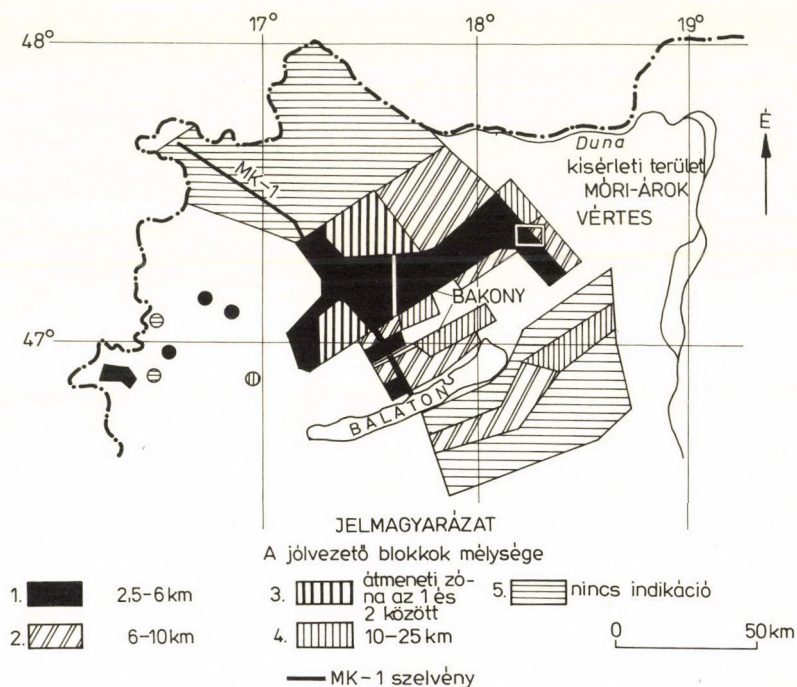
1. ábra. Relatív tellurikus szondázási görbék 25—100 s közötti szakasza alapján ( $t_{25-100}$ ) szerkesztett anomáliatérkép a kéreg elektromos inhomogenitásairól (Ádám és Verő, 1967)

máliát nevezzük *dunántúli elektromos vezetőképesség-anomáliának*. Részletes kutatása magnetotellurikus mélyszondázással történt a hatvanas évek közepétől napjainkig, és intézetünkön, az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézetén kívül (Ádám, 1971, 1985) a NME Geofizikai Tanszék (Takács, 1968), az ELGI (Pápa et al., 1990) és a Geofizikai Kutató Vállalat (GKV) (Stanley és Nagy, 1989) jelentős közreműködésével. Az anomália nyugati folytatását a Periadriai-vonal mentén, a Bakony és Drauzug földtani egységen belül (Kázmér és Kovács, 1985) magyar osztrák együttműködésben végeztük. A jólvezető képződményt

egy szovjet kutatócsoport tranziens szondázással is kimutatta egy ÉNy-DK-i szelvényben (Pápa et al., 1990). Hangsúlyoznunk kell, hogy a magnetotellurikus adatok értelmezésére, különösen a különböző EM tértorzulások tanulmányozására a dunántúli anomália kiváló *terepi laboratóriumnak* bizonyult, és az itt végzett mérésekből tanultuk meg a valós információ kinyerését a gyakran torzult MT adatokból.

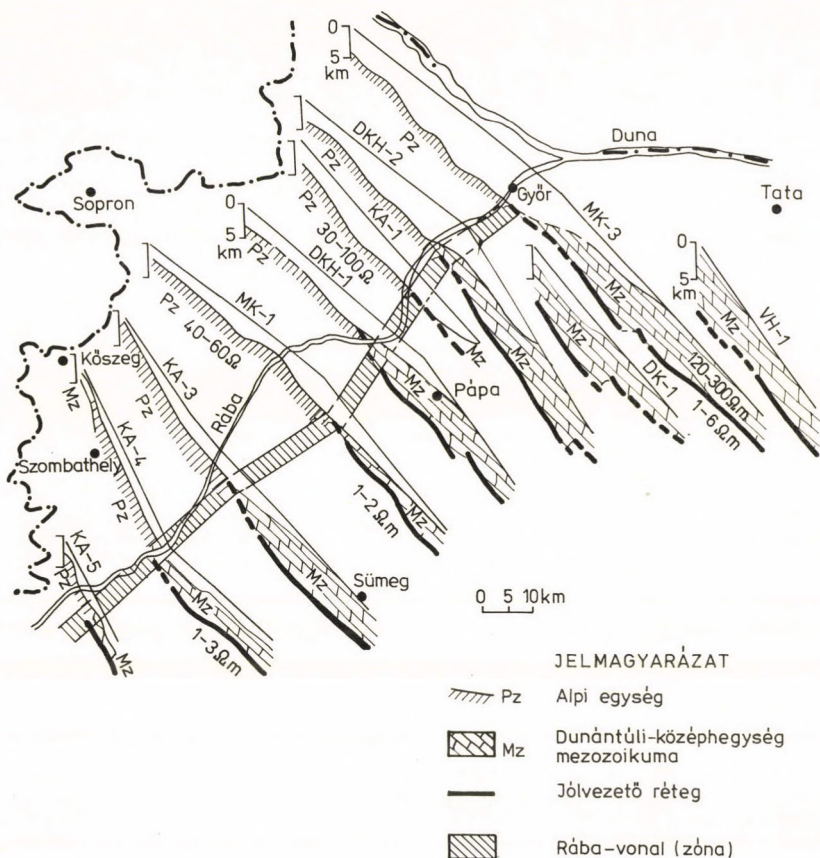
## 2. A DUNÁNTÚLI VEZETŐKÉPESSÉG-ANOMÁLIA FŐBB SAJÁTSÁGAI

a) Az anomáliával kapcsolatos egyik legkorábbi felismerésünk volt, hogy ÉNy-on a Rába-vonalnál, DK-en pedig a Balaton-felvidék felszíni paleozoos képződményeinél kiemelkedik. A 70-es évek végén Varga (1980) a Balaton-vonal mentén még egy 8–10 km széles jólvezető zónát fedezett fel. E területi elterjedést szemlélteti a preausztriai medencealjzat jólvezető képződményeiről több száz MT mérés alapján szerkesztett térképünk (2. ábra).



2. ábra. „Jólvezető formációk mélysége a preausztriai medencealjzatban Magyarország” c. térkép északnyugat-dunántúli része. A térképet szerkesztette Ádám Antal, Nagy Zoltán és Varga Géza (1987)



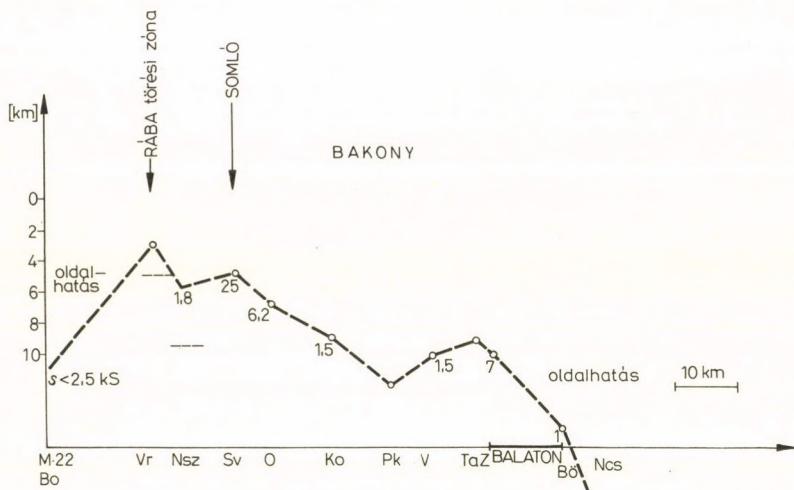


3. ábra. A Rába-vonalat harántoló magnetotellurikus szelvények (Pápa et al., 1990)

A későbbiekben a hazai intézmények figyelme elsősorban a Rába-vonal menti kiékelődésre terelődött és mind az ELGI (Pápa et al., 1990), mind a GKV (Stanley és Nagy, 1989) kiterjedt kutatást végzett ezen a területen. Az ELGI szelvényeiben a jólvezető képződmény kiékelődése kijelöli a tektonikai Rába-vonal teljes magyar szakaszát (3. ábra). Stanley és Nagy (1989) a GKV MT méréseinek 2-D numerikus inverziója révén ugyanakkor megállapítja, hogy a Mihályi maximum közelében vagy azon belül egy olyan határvonal húzódik, amelytől ÉNy-ra és DK-re

a medencealjzat kőzeteinek fajlagos ellenállása 10:1 arányban különbözik. Megítélésünk szerint ez az ellenállásblokkokkal végzett regionális inverzió a finomszerkezetet elmossa!

**b)** A dunántúli anomália a Balaton és a Rába között *zónás szerkezetű*, ami a MT anizotrópiában is tükröződik. A devecseri Somló (neogén vulkán) és a Móri-árok között több ezer siemens



**4. ábra.** MK-1 mélység-szelvény a dunántúli vezetőképesség-anomálián keresztül a kilósiemens-ben megadott horizontális vezetőképesség-értékekkel ( $S$ ) (Ádám, 1987)

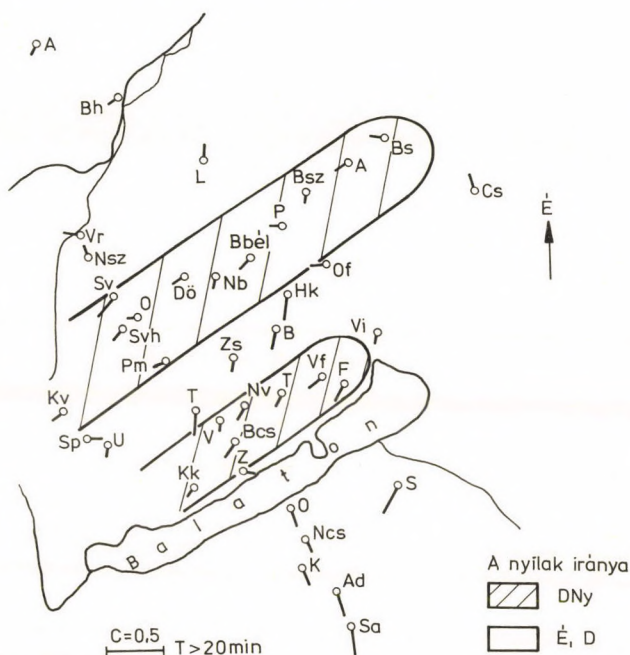
horizontális vezetőképességű ( $S$ ), ÉK—DNy-i irányú, felszínközei zóna húzódik, kb. 5 km mélyerr. A Déli-Bakonyban és a Balaton-felvidéken a jólvezető sáv 10–12 km-re elmélyül. A két sáv között egy jelentős vetőnek kell húzódnia, amelyet geológusaink eddig nem értelmeztek. Indukciós oldalhatások az anomálián kívül az  $E$ -polarizációs MTSz görbéken jelentkeznek (lásd az MK-1 szelvény északi és déli végén egy-egy látszólagos elmélyülést a 4. ábrán).

Ezt a sávós-blokkos szerkezetet jelzi a Wiese-féle indukciós nyilak térképe is (5. ábra), amelyen a sávok kijelölésénél az irány szerinti elkülönítést alkalmaztuk. A déli blokkban a jólvezető



zóna nagyobb mélységének megfelelően a Wiese-nyilak hossza nagyobb. A két sáv között a nyilak déli irányítottságúak.

Figyelemre méltó tektonikai jelenségnek tekinthetjük az anónália elmélyülését a Déli-Bakonyban és a Balaton-felvidéken a MOHO-hoz hasonlóan. Így a jólvezető vezérszint a mélyebb kéregszerkezet változásait is közvetíti.



5. ábra. Wiese-féle indukciós nyilak térképe ÉNy-Dunántúlon (Wallner, 1977)

c) Érdekes kapcsolatnak látszik az, hogy a jólvezető zóna a mezozoos karbonátok előfordulásához kötődik, tehát ahol a medencealjzatból ezek hiányoznak, ott a jólvezető zóna északon és délen egyaránt kiemelkedik. Ennek korábban különböző jelentőséget tulajdonítottunk (Ádám, 1971; Ádám és Pospíšil, 1984), amelyeket tovább kellene vizsgálni.

### 3. KÖVETKEZTETÉSEK AZ ANOMÁLIA MIBENLÉTÉRE

Bár az anomáliának van olyan sekély része, amely a mélyfúrási technika számára könnyen elérhető (így a Móri- és a Csákberényi-árokban 3 km mélyen van csak), az anomália anyagi mibenlétét közvetlenül nem ismerjük, erre csak következtethetünk.

Az anomália okának keresésénél a következő kiindulópontjaink voltak:

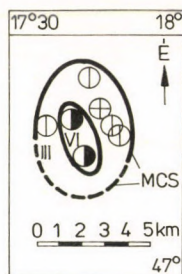
- Az anomaliasávok a hosszanti törések (ÉK–DNy) irányában fekszenek, és az impedanciamaximumok ( $Z_{xy \max}$ ) iránya erre merőleges.
- A fajlagos ellenállás szélső értékei közötti hányados, az egyszerű magnetotellurikus anizotrópia ( $\lambda$ ) nagy (helyenként  $\varrho_{\min} \leq 1 \Omega\text{m}$ ,  $\varrho_{\max} \geq 1000 \Omega\text{m}$ , tehát  $\lambda \geq 1000$ ).

E két tényező egybekapcsolása az anomália okának keresésénél eddig nehéznek látszott, és így felváltva egy *grafitos* modell



8/034

29 s



1942. Máj. 14. 08<sup>h</sup> 28<sup>m</sup> GMT

é.sz. 47.4° k.h. 1.77°

$M = 3.7$   $I_0 = 6^\circ$  MCS (H)

Összeállította: Csomor D.

III II V VI

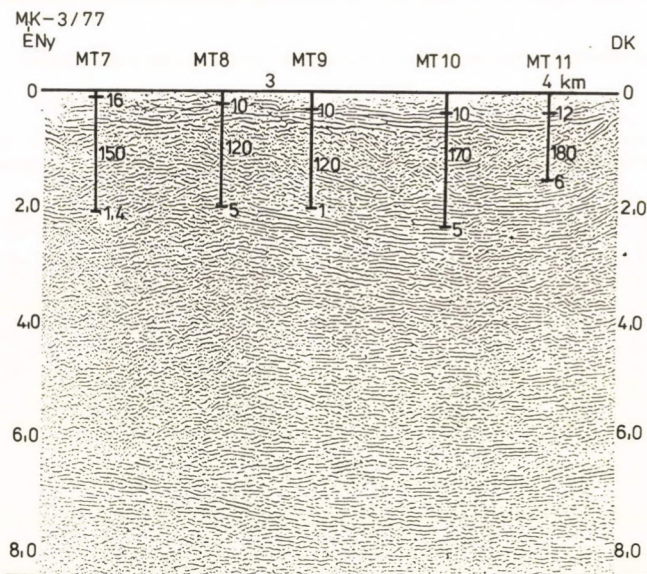
6. ábra. Az 1942. évi bakonybéli földrengés izoszeitái és egy MT impedanciapolárdiagram (Ádám, 1976)

(Ádám, 1971), illetve a *törési zónák* nagyobb pórustérfogatát kitöltő elektrolitos modell (Ádám, 1984) erősödött fel, illetve ezek kombinációját is lehetségesnek tartottuk.

A *törési zónák* szerepére két kísérleti eredmény világíthat rá.

a) Jól ismert a bakonybéli szeizmikusan aktív haránttörés, amely mentén 1942-ben  $I_0=6$  erősségű földrengés pattant ki. Isoszeizmái kijelölik — Csomor D. szerkesztésében — a törés irányát (6. ábra). A MT anizotrópia rendkívül nagy. A törés irányára éppen merőleges a  $Z_{xy}$  polárdiagramok nagytengelye. A jólvezetőt a  $\varrho_{\min}$  görbe 2 km mélyen jelzi, tehát jelentősen megemelkedik a környezetéhez viszonyítva (Ádám, 1976). Hasonló jelenséget írtunk le Ukk–Türje környékéről (Ádám, 1984).

b) Oelsner (1989) geotermikus mérései szerint a Balaton-vonalhoz kapcsolódó jólvezető sáv területén a felszíni hőmérséklet nagyobb a környezeténél. Ez a törésekben lévő elektrolit vezetőképességét is megnöveli.



7. ábra. ELGI MK 3/77 szeizmikus és magnetotellurikus szelvénye (Pápa et al., 1990)



Mai megítélésünk szerint a fenti szempontok csak másodlagosak a nagy térbeli kiterjedésű anomália belső szerkezetének kialakulásában, tagolásában. A reflexiós szeizmikus horizontok és a jólvezető zóna felszínének részbeni egybeesése arra enged következtetni, hogy az anomália *rétegszerű* egy nagyobb blokkon belül (lásd pl. az ELGI MK 3/77 szelvényét, Pápa et al., [1990] cikkéből, a 7. ábrán).

Az anomália mélységéből következtethetünk annak korára. Ma több szerző egybehangzó véleménye szerint a jólvezetőt *Paleozoos fillit grafitos zónái*, grafitos pala blokkjai képezhetik.

Ezt a feltevést alátámasztja — a MT mérések eredményeivel összhangban — a grafitos palák nagy belső ellenállás-anizotrópiája és a palásság síkjában mért rendkívül kis ellenállásértékek.

## 4. A GRAFITOS PALABLOKKOK BELSŐ SZERKEZETE

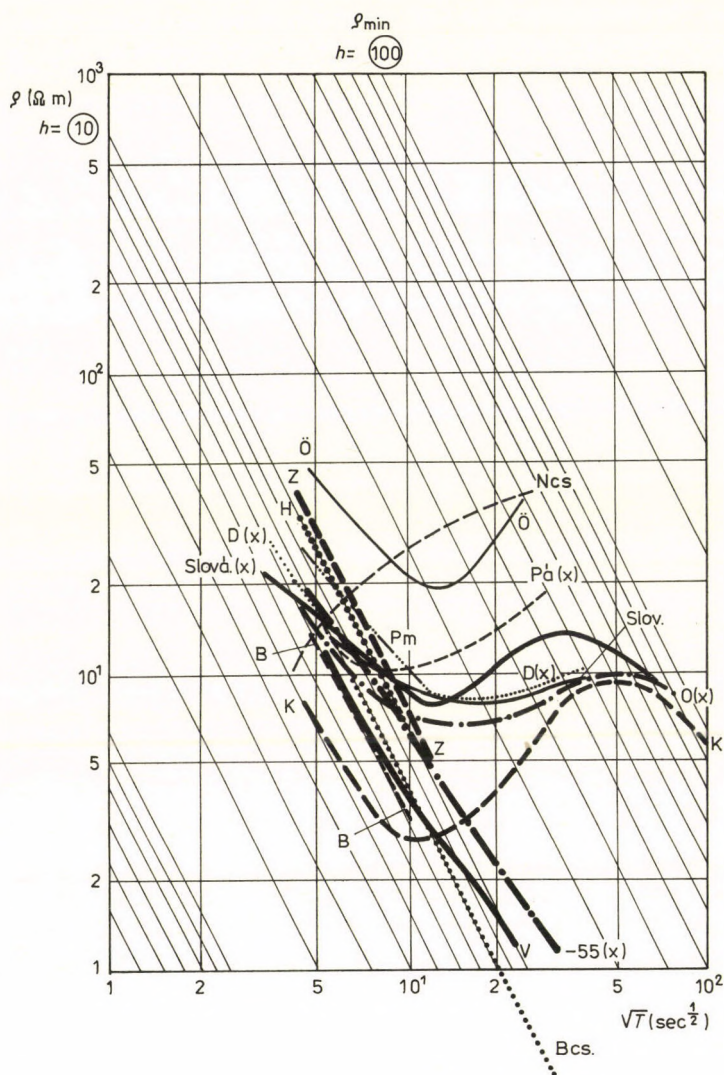
A 70-es évek végén az akkor rendelkezésre álló MT adatokkal végzett statisztikai vizsgálatok (Ádám, 1981) felhívták a figyelmünket arra, hogy míg a  $q_{\min}$  görbék egy szoros nyalábot alkotnak, addig a  $q_{\max}$  görbék helyzete a  $q$  tengely mentén a felszíni képződmények ellenállásától függ (8. ábra). Ez azt jelenti, hogy a H-polarizációs szondázási görbékre jellemző *galvanikus torzulás* [ún. static shift,  $S$ -hatás, lásd Berdichevsky és Dmitriev (1976) III. táblázatát] következetesen a  $q_{\max}$  görbékhez kapcsolódik. A horizontális vezetőképességben ( $S = \Delta h/q =$  rétegvastagság/fajlagos ellenállás) is kifejezésre jut ez a nagy különbség a  $q_{\min}$  és  $q_{\max}$  görbék között. A tényleges információt a jólvezető formáció  $S$  értékére nézve is a  $q_{\min}$  görbék adják, mint az a 9. ábrán látható: A jólvezető zónák mélységében csak a  $q_{\min}$  görbékből számított  $S$  értékek nőnek meg.

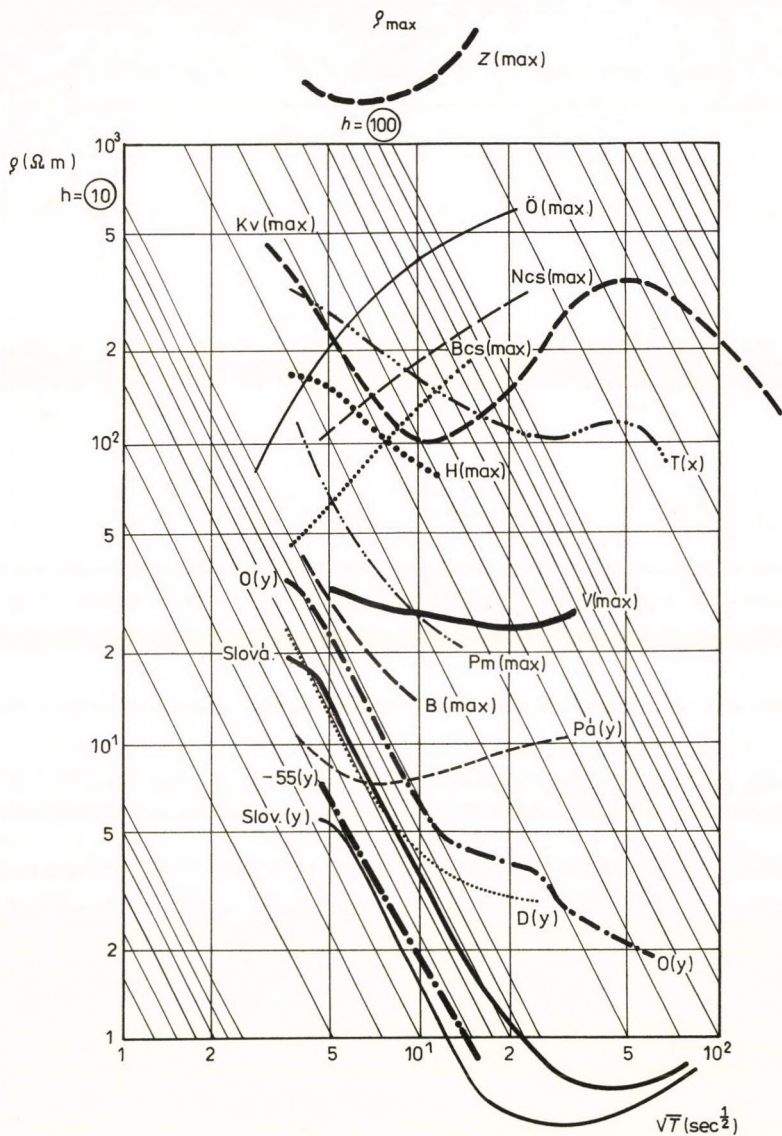
Az  $E$ - és  $H$ -polarizáció állandó kötődését a  $q_{\min}$ , illetve  $q_{\max}$  görbékhez egy *keskeny jólvezető dike* modellel magyaráztuk. Ezzel szemben a széles jólvezető dike-oknál, vagy üledékes medencéknél az  $E$ -polarizáció a jólvezető belsejében a  $q_{\max}$ -hoz kapcsolódik, tehát a két szélsőérték-görbe között egy polarizációs szerepcsere játszódik le. Kérdés, a dunántúli anomália blokkjai *mennyiben tekinthetők „keskeny” dike-oknak*.

A kérdés eldöntését, vagyis a legvalószínűbb modell megalkotását több tényező segítette. A Periadriai-vonal mentén végzett MT kutatásaink és megfigyeléseink mellett — amelyről a későbbiekben szó lesz — elsősorban a Móri-árokban végzett *terepi modellkísérleteinkre* utalunk (lásd a 2. ábrát), igazolva azt az állítást, hogy a *dunántúli anomália módszertani kutatások szempontjából is nagy jelentőséggel bír*.

A Móri-árokban kb. 2 km-es állomástávolsággal végzett MT szondázás adatain tanulmányoztuk a különböző EM tértorzulásokat, így a galvanikus, a fal-, a 3-D-os hatásokat és nem utolsósorban a fent említett regionális hatást (Ádám és Varga, 1990).

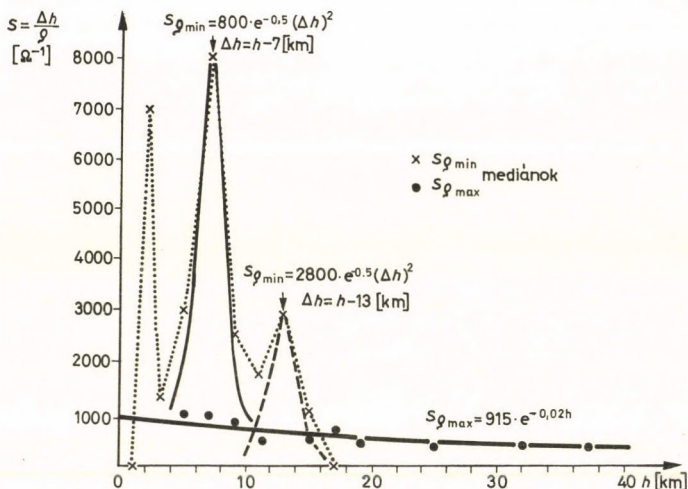






8. ábra.  $\rho_{\min}$  és  $\rho_{\max}$  MT szondázási görbék a Bakonyból és ÉNy-i előteréből, valamint a Balaton-felvidékről (Ádám, 1981)

A grafitos palablokkok belső tagoltságát illetően a regionalitásnak van információtartalma. A regionalitás a  $Z_{xy \max}$  impedanciairányok közel állandóságában, továbbá a jólvezetőnek a  $\varrho_{\min}$  és  $\varrho_{\max}$  görbékből számított mélységének jelentős eltéréseiben nyilvánul meg. A regionális irány merőleges a 2. ábrán látható ÉK–DNy-i grafitos palablokkra. A  $h_{\varrho_{\min}}$  értékek átlaga

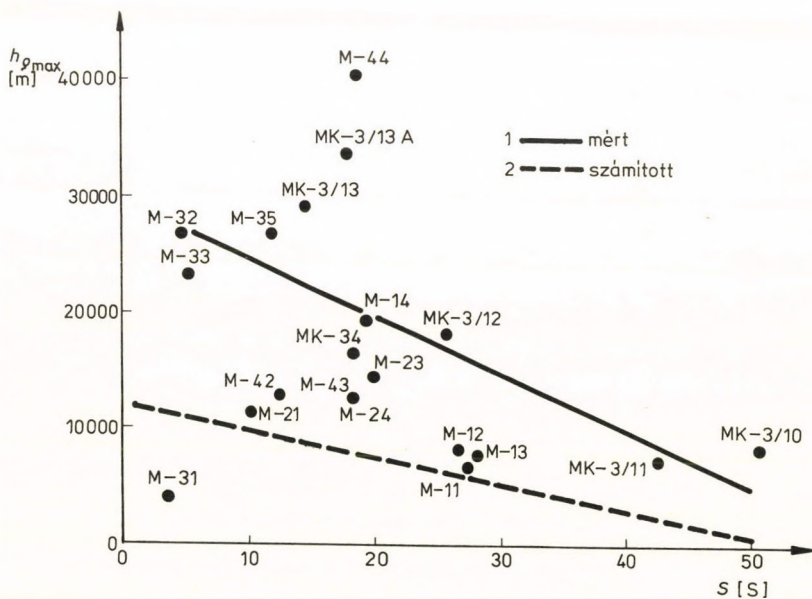
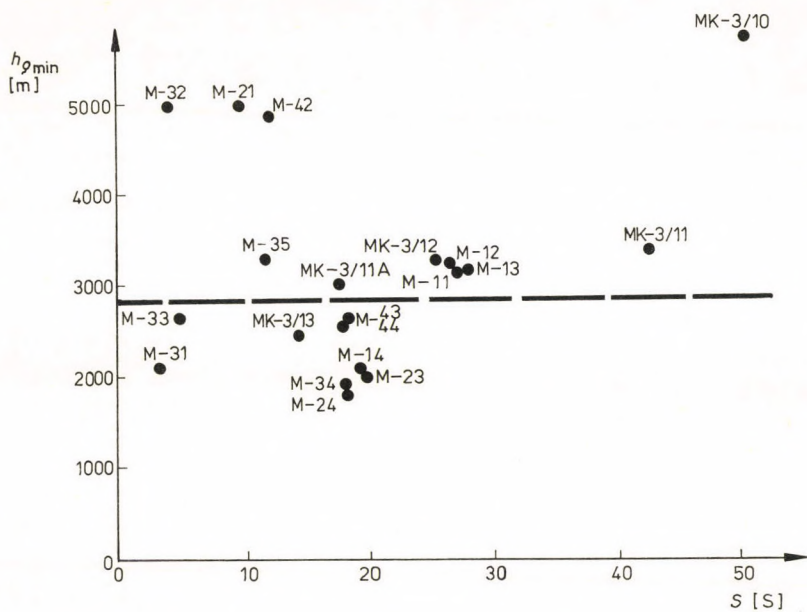


9. ábra.  $\varrho_{\min}$  és  $\varrho_{\max}$  görbékből számított horizontális vezetőképesség a jólvezető formáció mélységének függvényében (Ádám, 1981)

3 km, míg a  $h_{\varrho_{\max}}$  értékek a galvanikus torzulástól erősen terhelve, tehát jelentős szórással 15 km-es átlagot adnak. A  $h$  értékeket a galvanikus torzítás bemutatása végett a 10. ábrán a felszíni üledék  $S_1$  értékének függvényében ábrázoltuk. (Az erősen kiugró értékek a kis felszíni triász rögök 3–D hatására utalnak.)

A Móri-árokra merőlegesen 2–D numerikus MT modellt számoltunk (11. ábra). E 2–D modellnél a jólvezetőt egy réteg, vagy közel olyan széles dike képviselte, amekkora a kiemelkedő jólvezető sáv szélessége. A H-polarizációra jellemző mért és számított  $h$ – $S_1$  függvény (szaggatott vonal a 10b. ábrán.) közötti nagy

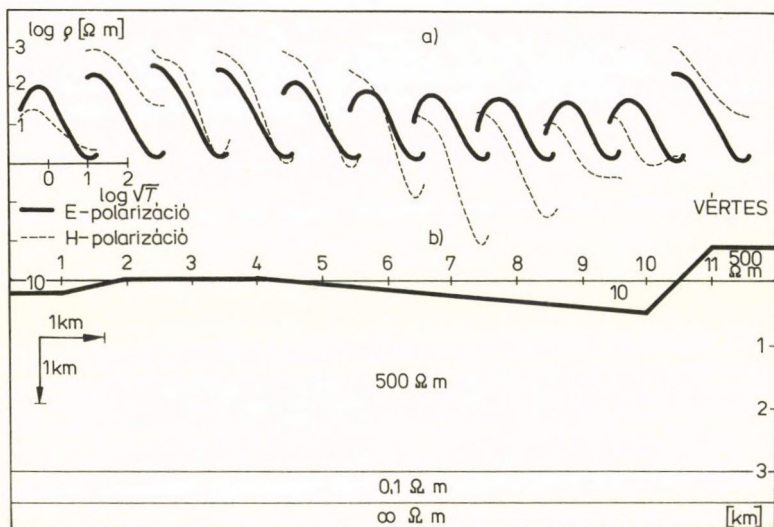




10. ábra. A jólvezető mélysége ( $h$ ) és felszíni üledék horizontális vezetőképessége ( $S$ ) közötti összefüggés,  $E$ -polarizáció (fent) és  $H$ -polarizáció (lent) esetében (Ádám és Varga, 1990)

különbség, valamint a  $\varrho_{\min}$  és  $\varrho_{\max}$  görbék polarizációváltása a szelvényben jelzi, hogy a regionális hatás így nem modellezhető.

A polarizáció stabilitásában megnyilvánuló regionális hatás — a Gail-völgyi méréseinkből, továbbá Schmucker (1986) számí-

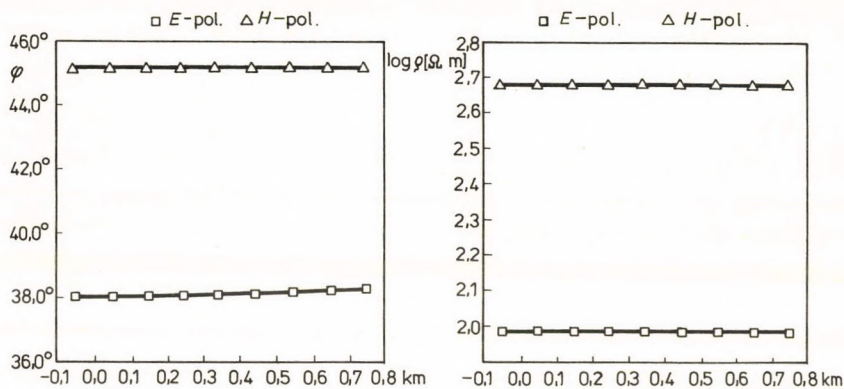
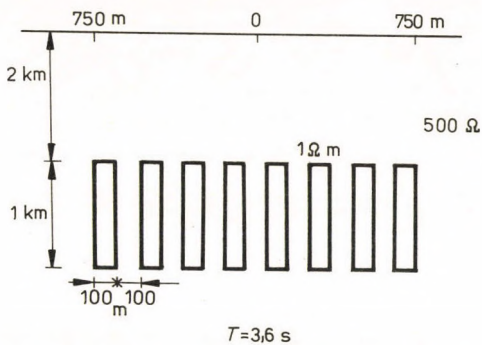


11. ábra. A Móri-árokot harántoló 2—D MT szelvény (b)  $E$ - és  $H$ -polarizációs szondázási görbéi (a) (Ádám és Varga, 1990)

tásaiból is következtetve — egymástól elszigetelt jólvezető dike-ok sorozatával közelíthető meg, amint azt a 12. ábra  $\varrho$  és  $\varphi$  szelvényei mutatják. Nyolc elszigetelt dike felett a  $\varrho$  és  $\varphi$  szélsőértékei állandók.

A jólvezető zónák tehát nem homogén testet képviselnek, hanem egymástól elkülönülő grafitos palablokkok sorozatából állnak, amelyet a szeizmika, de a magnetotellurika is összefüggő réteggként jelez, csupán az elektromágneses tér sajátos viselkedéséből lehet következtetni e belső szerkezetre (Ádám, 1984).





12. ábra. 8 jólvezető és egyástól elszigetelt dike fajlagos ellenállás- ( $\rho$ ) és fázisszelvénye ( $\varphi$ )

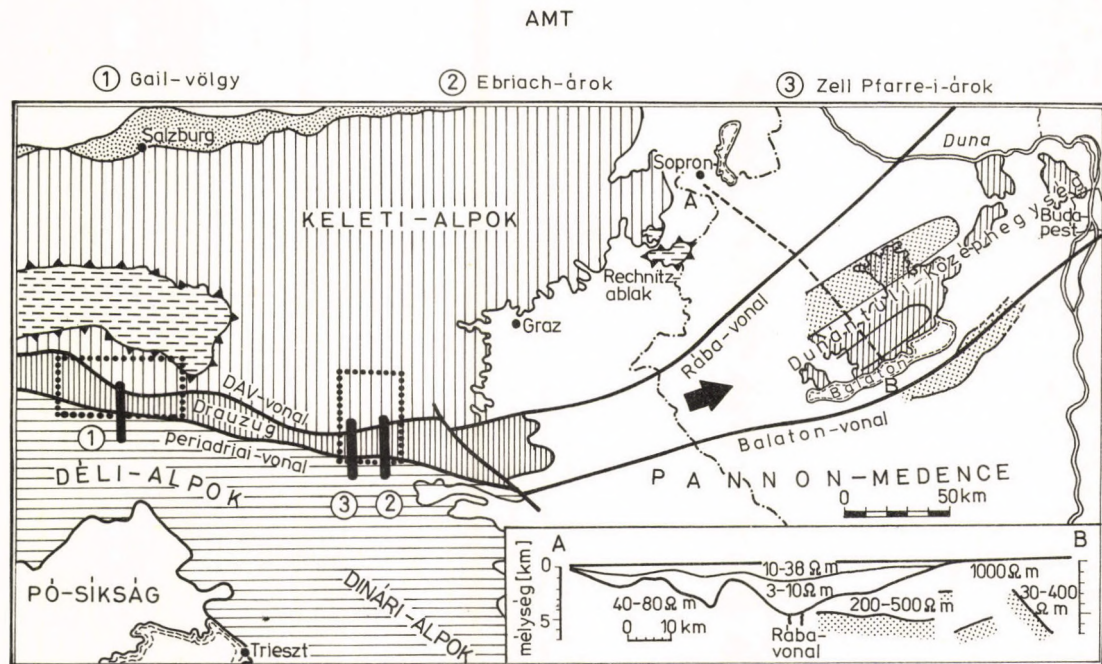
## 5. A DUNÁNTÚLI ANOMÁLIA KAPCSOLATA A BAKONY–DRAUZUG FÖLDTANI EGYSÉGHEZ

A közelmúlt hazai földtani irodalmában Kovács (1983), valamint Kázmér és Kovács (1985) egy önálló földtani egységet jelölt ki a Balaton- és a Rába-vonal, továbbá ezek folytatásának tekintett Periadriai- és DAV-(Deffereggem—Auterselve—Valles-) vonal között, amelyet „*Bakony—Drauzug önálló földtani egységnek*” neveztek el. E geodinamikailag rendkívül aktív zónában a feltevések szerint kollízió, oldaleltolódások és menekülési (escape) jelenségek játszódtak le az alpi hegységképződés során. Mint-hogy a dunántúli elektromos anomália határait éppen a Rába- és a Balaton-vonal képezi, több magyar—osztrák MT és AMT expedícióval tanulmányoztuk az elektromos vezetőképesség eloszlását a dunántúli anomália Ny-i folytatásában, a Bakony—Drauzug egység alpi szakaszán, a Gail-völgyben és a Karavankákban a *Periadriai-vonal* mentén, azt remélve, hogy a dunántúlihoz hasonló jólvezető képződményeket találunk a kutatás számára kedvezőbb mélységben.

A 13. ábra a Bakony—Drauzug egységen belül mutatja a dunántúli anomália főbb blokkjait, valamint a kipontozott négy-szögekkel a méréseink helyét (Horváth et al., 1987). A nyugatibb terület a Gail-völgy, ahol a nagy mélységű MT szondázásokat egy É–D-i audiomagnetotellurikus (AMT) szelvénnel egészítettük ki, míg a keleti területen, a Karavankákban két É–D-i AMT szelvényt is mértünk Zell Pfarre-nál és Eisenkappelnél keresztezve a Periadriai-vonalat.

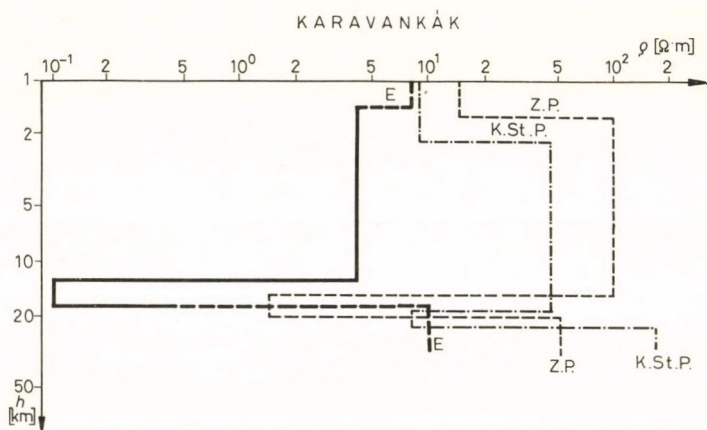
A nagymélységű MT mérések alapján megállapítottuk, hogy a periadriai vonal (zóna) mentén 12–17 km mélyen jólvezető anomália jelentkezik (lásd a 14. ábrán a Karavankák esetében). A tektonikai zóna tehát átmetszi a földkéreg felső részét. Mint-hogy az anomália mélysége és a mélybeni hőmérséklet (300 °C-os izoterma) között összefüggést találtunk (Ádám et al., 1986), az anomália feltehetően ionos (elektrolitos) eredetű.

A fajlagos ellenállás szélsőértékei között mért nagy anizotrópi-

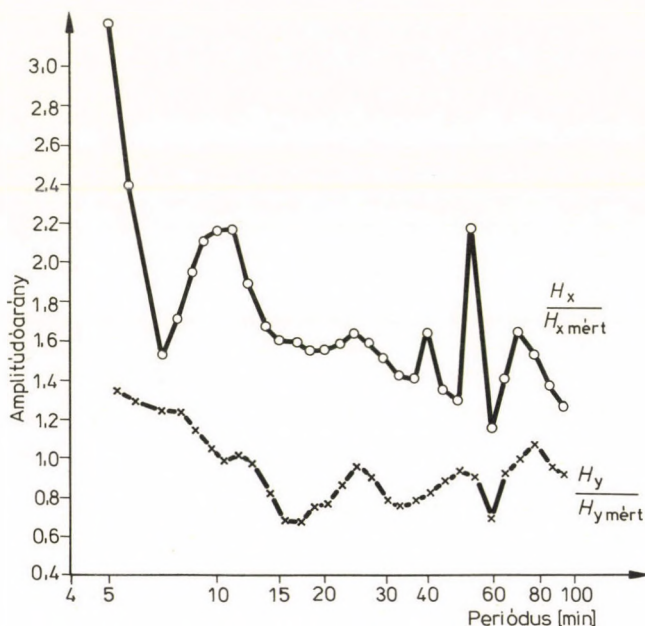


13. ábra. Bakony—Drauzug önálló földtani egység (BDU) tektonikai helyzete és ezen belül a dunántúli anomália jólvezető sávjai, az MT (pontozott négyzetek) és AMT szelvények (1—3) a BDU nyugati részén Horváth et al. (1987) után. A betét az A—B geoelektromos szelvényt mutatja





14. ábra. A jólvezető kéreganomália a Karavankákban (Ádám et al., 1986). Rövidítések: E=Ebriach, Z. P.=Zell Pfarre, K.St. P.=Klein St. Paul



15. ábra. A nagyeceni obszervatóriumban mért értékekre normált földmágneses horizontális térváltozások a periódus függvényében a Gail-völgyben (Schlanitzén) (x: É—D; y: K—Ny)

ából, valamint a horizontális mágneses térváltozásoknak a normál (Nagycenki obszervatóriumban mért) térváltozásoktól való jelentős eltéréseiből (15. ábra) arra következtettünk, hogy a törések elektrolitjainak ionos vezetése mellett a felszín közelében az elektronos vezetésnek kell uralkodnia, amelyet a dűnántúli vezetőképeség-anomáliához hasonlóan elsősorban grafitos képződmények hoznak létre.

E feltevésünket igazolták mind a Gail-völgyben (Ádám, Duma és Horváth, 1990), mind a Karavankákban (Ádám és Duma, 1990) mért AMT szelvényeink.

### 5.1. Gail-völgyi AMT szelvény

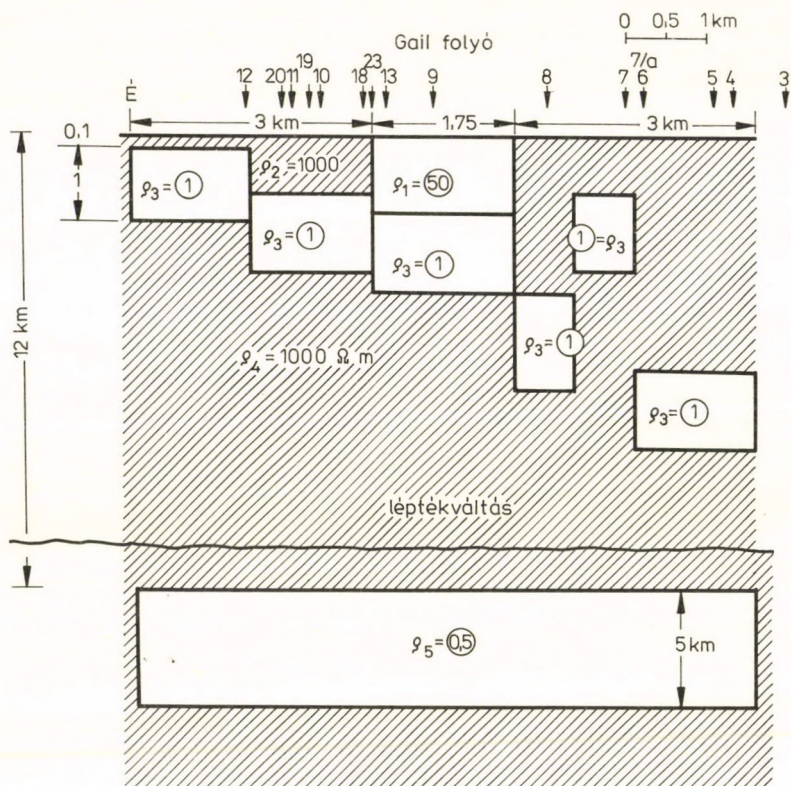
A grafitos palablokkokat kibúvásban is megtaláltuk a Gail-völgyi Alpok „Altkristallin”-ján. Ezeket követtük AMT szondázásokkal a Karni-Alpok paleozoikumába és mezozoikumába. A jólvezető horizont lehetővé tette, hogy megbecsüljük az Altkristallin paleozoos és mezozoos takaróját. A grafitos dike-ok szerkezetét egy lépcsős blokk-moddal közelítettük meg (16. ábra). A teljes elvetési magasság kb. 4 km.

A Bakony—Drauzug kollíziós zónában ható tektonikai erők iránya és nagysága az *ellenállás-anizotrópiában* nyilvánul meg.

A  $q_{\max}$  É-D-i (x) irányban jelentkezik, tehát a kompressziós erők így ebben az irányban hatottak egyezésben az Afrikai-táblához tartozó Adriai-tüske feltételezett mozgásával (17. ábra). Az anizotrópia tényező függ attól a tektonikai erőttől, amely a metamorfizált réteget (palát) kiforgatta eredeti horizontális helyzetéből. Minél közelebb került a palásság síkja a vertikálishoz, annál nagyobb az anizotrópia tényező. Az MT anizotrópia mégis nehezen használható a tektonikai erő számítására, mivel azt a kőzet belső anizotrópiája mellett az inhomogenitások is erősen befolyásolják. Figyelembe kell még venni azt is, hogy a látszólagos, tehát a mért anizotrópia a jólvezető blokk mélységével csökken, amint az a 16. és 17. ábra összehasonlításából is következik.

A Periadriai-vonal a Gail folyó medrében húzódik, így a folyóüledék révén egy keskeny, kis ellenállású és kis anizotrópiájú zónaként jelentkezik az AMT szelvényen.

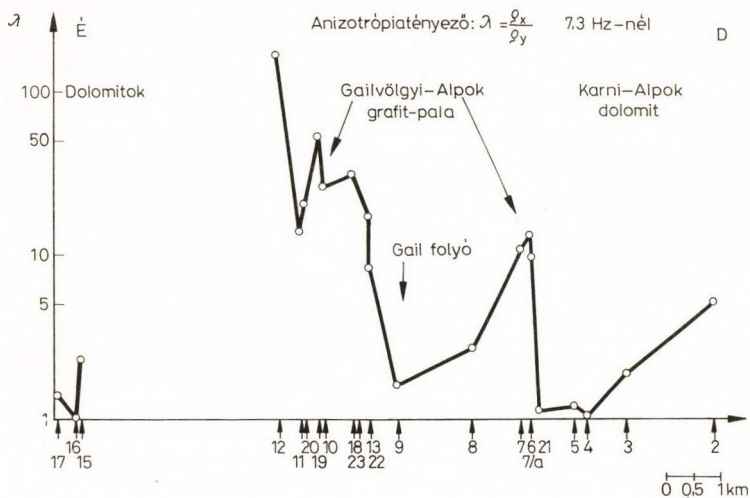




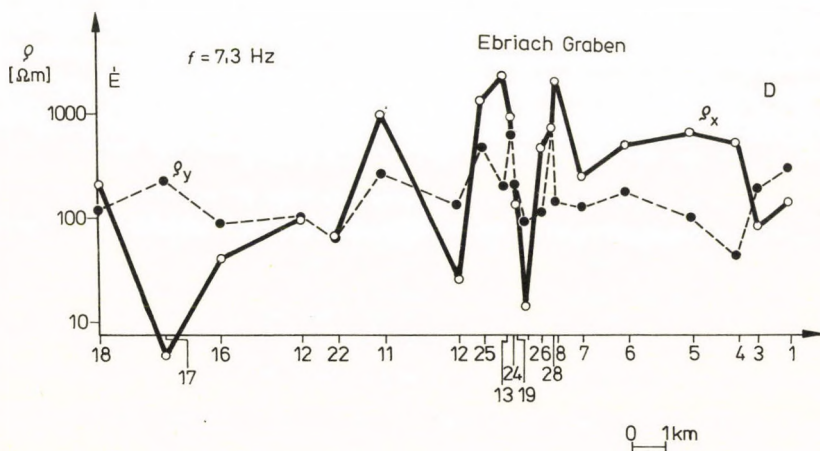
16. ábra. Grafitos palablokk 2—D modellje a Gail-völgyben (Ádám et al., 1990)

## 5.2. AMT szelvény az Ebriach-völgyön keresztül a Karavankákban

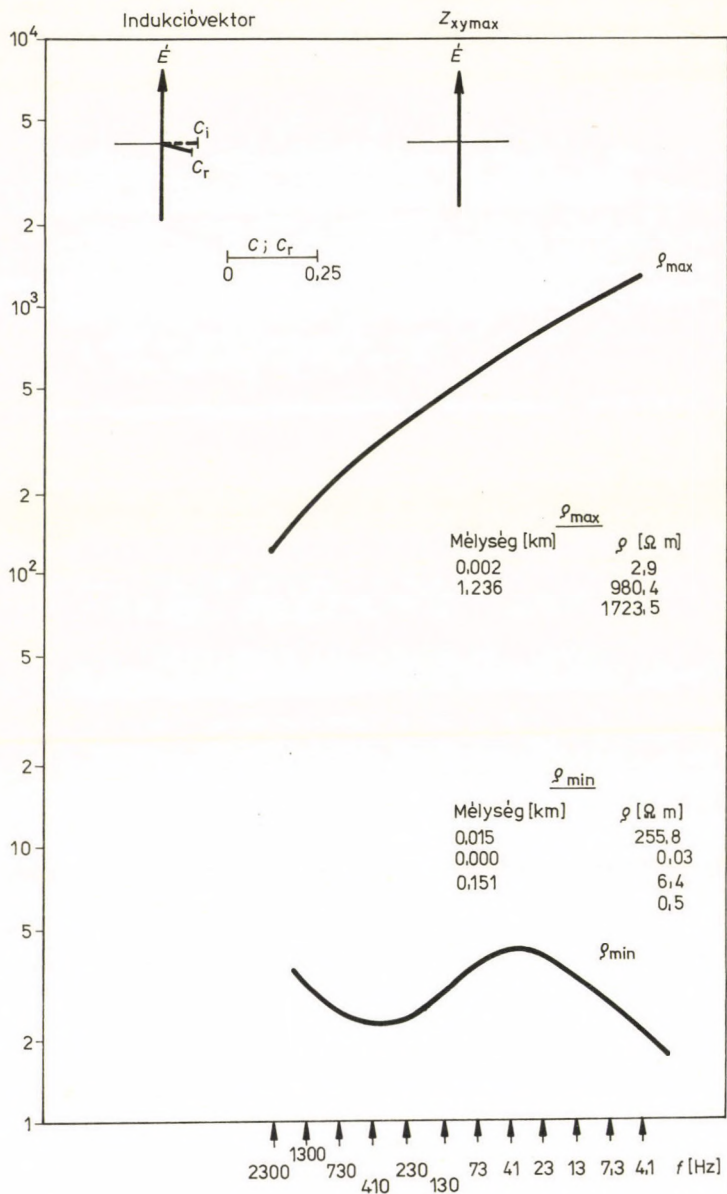
A Periadriai-vonal a Karavankák keleti részén az Ebriach-árkot követi, amely elválasztja a Karavankák földtanilag különbözőképpen kifejlődött északi és déli részét. Minthogy a zavarzó-nába Eisenkappelnél nagy ellenállású gránit- és tonalitintrúziók hatoltak be, továbbá ugyancsak nagy ellenállású paleozoos dia-



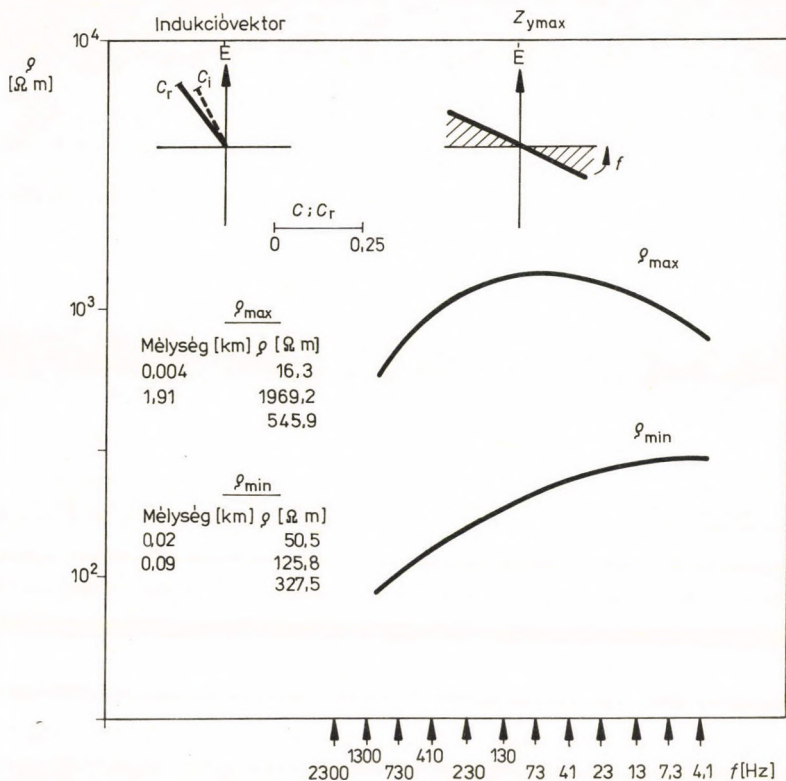
17. ábra. A  $\lambda = \rho_x/\rho_y$  anizotrópiatényező változása a Gail-völgyben mért AMT szelvény mentén (x: É—D; y: K—Ny)



18. ábra. Az Ebriach-völgyet keresztező  $\rho_x$  és  $\rho_y$  AMT szelvény  $f=7,3$  Hz-en (Ádám és Duma, 1990)



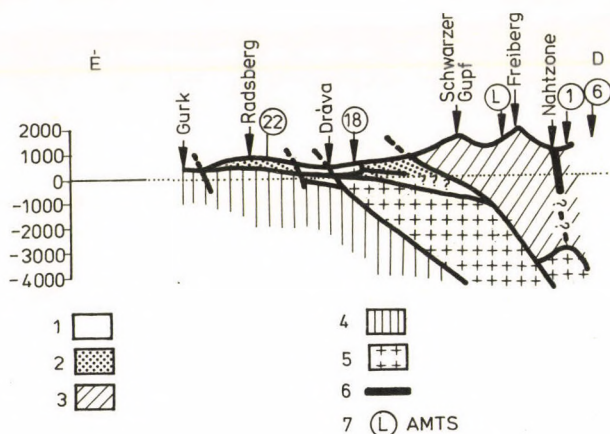
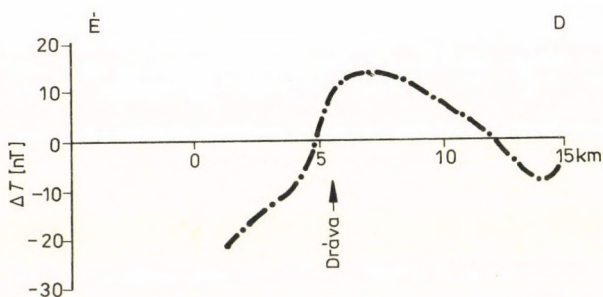




**19. ábra.** Az Ebrich-völgy-i AMT szelvény két pontjának szondázási görbéi a  $\rho_{\max}$  iránnyal,  $C_r$  és  $C_i$  iránnyal és értékkel, valamint I—D geoelektromos rétegszerkezettel: balra: 4. sz. pont (palaeozoos grafitos pala, nagy anizotrópiával!), fent: 24. sz. pont (intruzív kőzet)

báz törte át a zöldpala sorozatot, az Ebrich-árok peremét ellenállás-növekedés jelzi az AMT szelvényen (18. ábra). A jólvezető formációt itt a nagy anizotrópiájú délalpi paleozoos palák, illetve az alattuk feltételezett Altkristallin képviseli. A fenti két jellegzetes formáció, tehát a mélységi kőzetek (24 sz. pont) és a grafitos palák (4 sz. pont) felett mért AMT szondázási görbéket, a  $\rho_{\max}$  irányát és az indukciós vektorokat a 19. ábra mutatja.

A palák deformációja — az anizotrópiából következő — ugyancsak É–D-i erőhatásra történt. Az Ebriach-árokban, az intrúziók alatt a jólvezető paleozoos palák pár km mélyre vetődtek, amint az a 24 sz. pont 1–D rétegsorából is látható a 19b. ábrán.

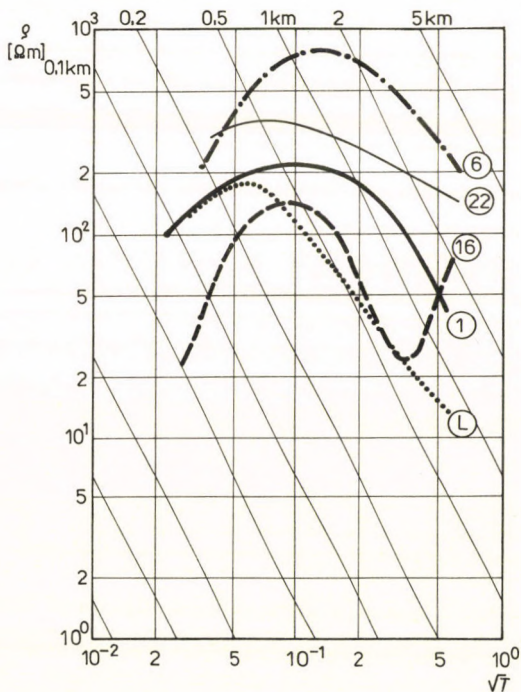


**20. ábra.** Seiberl és Steinhauser (1980) földmágneses szelvénye és földtani rekonstrukciója a Zell Pfarre-i völgyet keresztező AMT szelvény mentén (AMT pontok körben bejelölve). Jelmagyarázat: 1. alluviális terrasz kavics, 2. Sattnitz-i konglomerát, 3. a Karavankák mezozoikuma, 4. Altkristallin (nem vezető és nem mágneses), 5. jólvezető és mágneses Altkristallin, 6. Periadriai-vonal (Nahtzone), 7. audiomagnetotellurikus szondázási pont

### 5.3. AMT szelvény a Zell Pfarre-i-árkon keresztül

Az 1990. évi AMT méréseinket a Karavankákban egy földmágneses szelvény mentén (Seiberl és Steinhauser, 1980) végeztük. Bár még csak az adatok előzetes feldolgozása történt meg, néhány alapvető megállapítást tehetünk pusztán az AMT szondázási görbék legfontosabb sajátosságait figyelembe véve.

Az AMT mérések mint jólvezető horizontot az Altkristallint követték. A 20. ábrán a fenti szerzők mágneses méréseik alapján végzett földtani rekonstrukciót mutatjuk be. Ehhez kapcsolódóan a 21. ábrán néhány jellegzetes  $\varrho_{\min}$  szondázási görbe látható: A 6 sz. pont a Koschuta Hütte-nél a Koschuta tövében, a Periadriai-vonaltól délre fekszik. A  $\varrho_{\min}$  görbe szerint e pont-



21. ábra. A Zell Pfarre-i szelvény mentén mért AMT szondázási görbék (lásd a 20. ábrán a pontok helyét)



ban van legmélyebben a jólvezető. Az 1 sz. pont közelíti meg legjobban a Periadriai-vonalat. Az L jelű pont a Schwarzer Gupf-i nagy ÉK–DNy-i vetőn van. E vető emeli ki az Altkristallint a Periadriai-vonal árkából, amit a csökkenő görbeág aszimptotáinak nagy különbsége jelez. A 16 sz. pont az Altkristallin blokk peremén annak ékszerű elvékonyodását mutatja jobb oldali emelkedő görbeágával. A 2 sz. pont a Drávától É-ra a sattenitzi konglomerátumon van, és az enyhe indukciós oldalhatástól eltekintve jelzi, hogy az Altkristallin már *nem tartalmaz jólvezető grafitos képződményeket*, sem magnetitet, amint azt a mágneses mérésekből következtették.

Ebben a szelvényben tehát, *térben összenyomva* mindazok a szerkezetek és vezetőképességbeli változások felismerhetők, amelyek a dunántúli anomáliát jellemzik és egyben igazolják Kázmér és Kovács (1985) koncepcióját a Bakony—Drauzug földtani egység határait illetően.

A földmágneses alapon szerkesztett földtani szelvényt az AMT szondázási görbék kiértékelésével pontosítjuk.

## 6. A PERIADRIAI-VONAL, A BALATON-VONAL ÉS KÖRNYEZETÉNEK GEOFIZIKAI-TEKTONIKAI MODELLJE

Jól ismert az a keskeny magmatitöv, amely a Periadriai-vonal mentén kialakult (leírását lásd Ebriach-árokra vonatkozóan pl. Učík, 1968).

Kovács (1983) feltételezi, hogy ezek a magmatitok folytatódhatnak Magyarországon a keskeny, elnyúlt késő variszkuszi Balaton–Velence-i gránitövben, valamint a paleogén andezitekben (Hahót-Pusztaszentlászló, Velence, Recsk) és ilyen értelemben ír Gail-völgy—Balaton-vonalról.

Ha elektromos szempontból a paleozoos grafitos palákat (paleozoos fillitek grafitos zónáit, Altkristallint) tekintjük vezérszintnek, akkor az jelzi (lásd a bemutatott AMT szelvényeket), hogy a Periadriai-vonal alatt a fenti kőzetekben egy *tektonikai árok* van. A Balaton-vonal mentén a jólvezető zóna kb. 9 km mélyen fekszik.

Az árok északi oldalán (lépcsős) *vetők révén* a jólvezető paleozoos képződmény a felszín közelébe emelkedik. Mivel a Bakony—Drauzug egység K-en kiszélesedik, ez a geodinamika is szélesebb sávban, mind horizontálisan, mind vertikálisan tagoltabban játszódtott le. Így a dunántúli anomália esetében a Balaton-felvidék és a Bakony alatt még egy jólvezető mélyzóna húzódik és csak Somló és Mór vonalában emelkedik ki a jólvezető blokk.

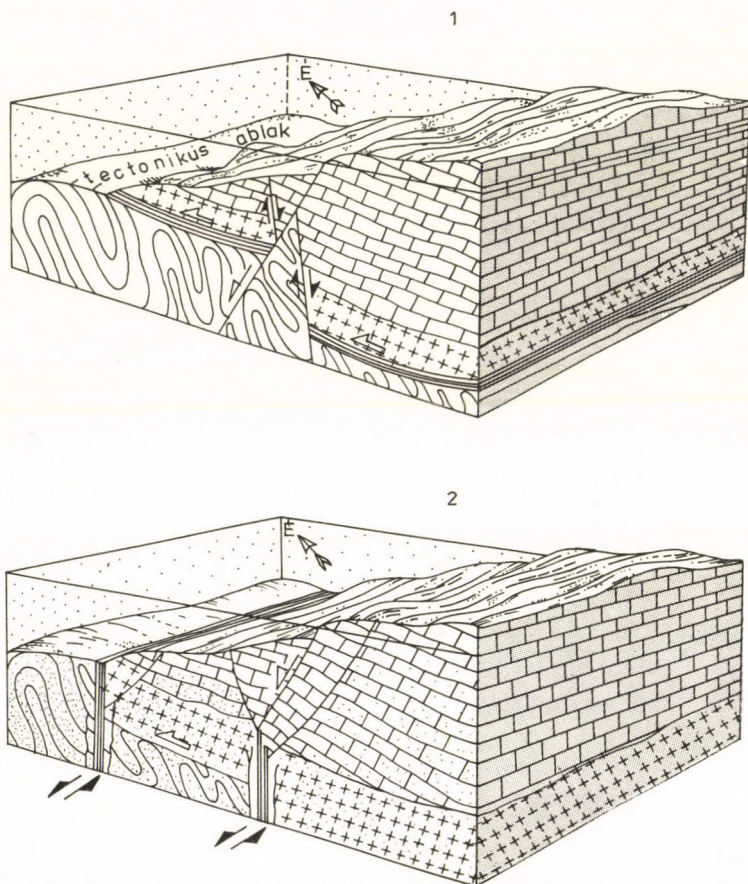
Az Altkristallin a Zell Pfarre-i profilban a Drávánál, illetve a paleozoos *grafitos palák* (paleozoos fillitbe ágyazott grafitos zónák Stanley és Nagy, 1989 szerint) a Dunántúlon a Rábánál *kiékelődnek*. Az Altkristallin mágneses szuszceptibilitása is jelentősen lecsökken. A Dunántúlon a jólvezető blokkok mágneses hatását nem mutatták ki, feltehetően a lényegesen nagyobb mélység miatt.

Amint azt Stanley (1989) is hangsúlyozza a Nyugati Cordillera kis méretű varrat- (suture) zónáival kapcsolatban (Washington-anomália), ezek a vezető testek rendszerint hosszú keskeny zónák, amelyben erősen szenesült képződmények vannak és a tek-



tonika hatására koncentráálódtak. Hasonló példákkal szolgálhatunk a Balti-pajzsról, amelynek palaövében (Kainuu Schist Belt) közös finn—magyar expedíciónk mutatott ki először rendkívüli vezetőképesség-növekedést (Ádám et al., 1982; Korja, 1990). Megítélésünk szerint ebbe az anomáliacsoportba sorolható a Kárpát-anomália is (Jankowski et al., 1984).

Mint erre már többször utaltunk (Ádám et al., 1988), a grafit mint kiváló kenőanyag szerepet játszhatott a Kázmér és Kovács



**22. ábra.** Horváth et al. (1987) 2 tektonikai modellje: 1. rátolódás, 2. oldalhatás a grafitos formációk segítségével



(1985), valamint más szerzők által is feltételezett jelentős oldaleltolódásokban (menekülési szerkezet) és magában az afrikai és eurázsiai tábla kollíziójában is.

A jólvezető blokk vertikális testek (dike) sorozatából áll. Ezek együttese szubhorizontális csúszási felületként, egyedileg pedig az oldaleltolódások (strike slipe) zónáiként viselkedhetnek. Így Horváth et al. (1987) mindkét tektonikai modellje elképzelhető (22. ábra).

A grafitos fekete palák keletkezéséről Stanley (1989) részletesen ír. A fekete pala színe nagy szén- és fémtartalmától származik. Mivel oxigénszegény vízben keletkezik, gyakran gazdag fém- és ásványokban. Az elektromos vezetés a fém- és ásványoktól és a karbonfilmtől származik. Porozításra nincs szükség. A vezetés nem függ a hőmérséklettől és a nyomástól.

A grafitos palák figyelemre méltó kísérő kőzetei (geokémiai gát) lehetnek az ércesedésnek, mint azt pl. a Villach melletti metasomatikus ólomelőfordulás vagy a Szepes-Gömöri Érc-hegységben a paleozoos fekete fillithez kapcsolódó ércesedés (Kucharič et al., 1990) mutatja. Ugyanakkor Duba és Will (1988) a közelmúltban hívta fel a figyelmet a grafitpala kőolaj-perspektíváira is (anyagőzetként).

## 7. ÖSSZEFOGLALÁS

A dunántúli vezetőképesség-anomália részletes kutatása, szerkezeti helyének tisztázása a Bakony—Drauzug önálló földtani egységen belül elősegítette egy jellegzetes földtani-geofizikai alakzat, a Periadriai-vonal jobb megismerését, amely az említett külföldi példák alapján is *általános jelentőségű*.

A vizsgálatok lehetővé tették a Pannon-medence földkérgének egy, a hagyományostól eltérő új paraméter, az elektromos vezetőképesség alapján való tagolását.

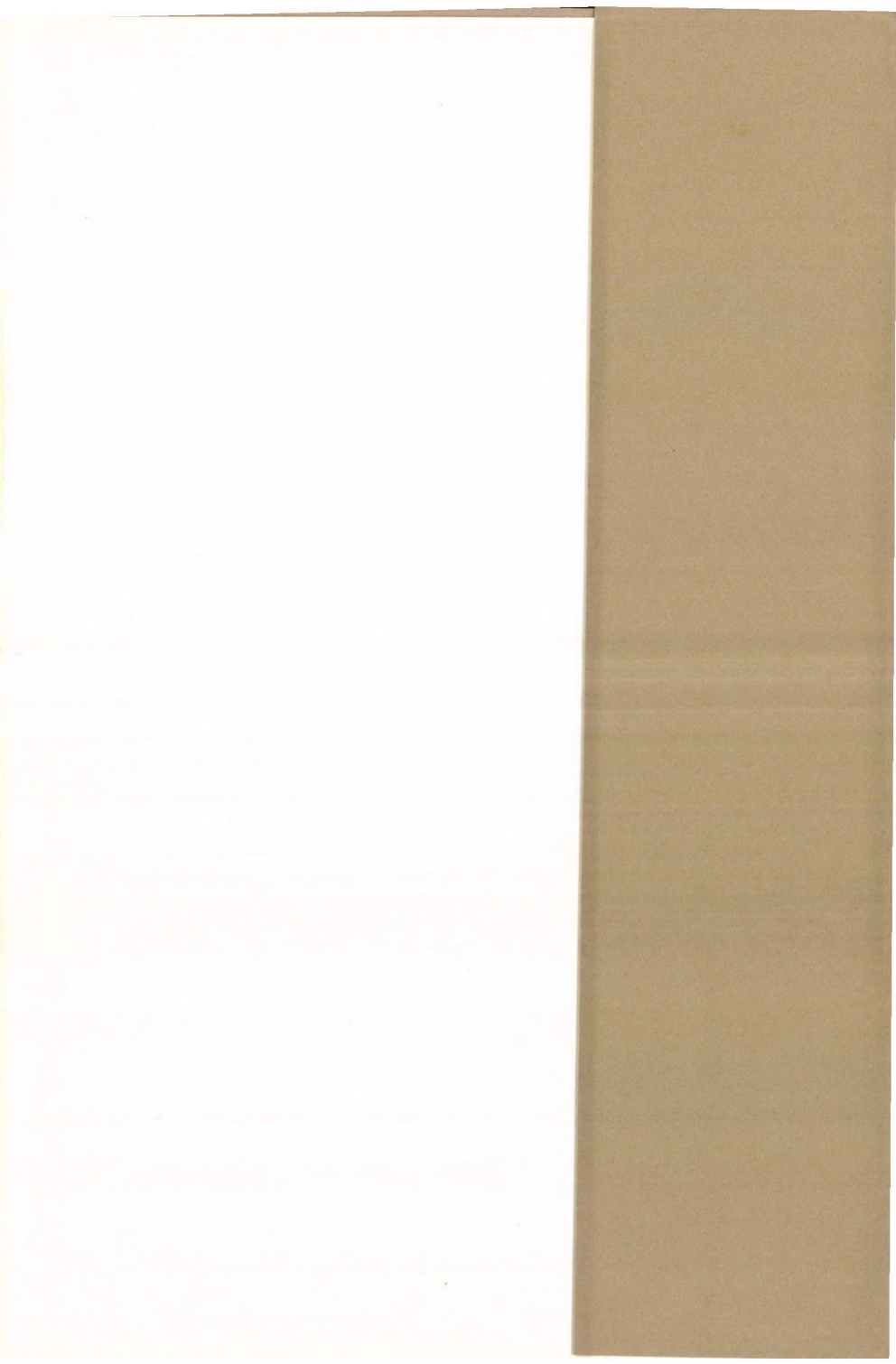
A kimutatott grafitos képződmények anyagi sajátságainak, kísérő jelenségeinek kutatásánál a természeti erőforrásaink gyarapítása is számításba jöhet.

## 8. IRODALOM

- Ádám A. (1971): A paleozoos grafitos képződmények meghatározása magnetotellurikus módszerrel, elektromos árnýékoló rétegek alatt a Magyar-medencében és néhány genetikai következtetés. *Geonómia és Bányászat* **4**, 297—308.
- Ádám, A. (1976): "Distribution of the electrical conductivity in seismic (deep) fractures in Transdanubia." *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* **11**, 277—285.
- Ádám, A. (1981): Statistische Zusammenhänge zwischen elektrischen Leitfähigkeitsverteilung und Bruchtektonik in Transdanubien (Westungarn). *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* **16**, 97—113.
- Ádám, A. (1984): "Fractures as conducting dykes and corresponding 2-D models. *Geophys.*" *Prospecting* **32**, 543—554.
- Ádám, A. (1985): "Electric conductivity increases in the Earth's crust in Transdanubia (W-Hungary)." *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* **20**, 173—182.
- Ádám, A.—Duma, G. (1990): "Structural deformations in the Periadriatic collision zone determined by audiomagnetotellurics." *Proceedings of the International Conference on Mechanics of Jointed and Faulted Rock*. April, 1990, Vienna.
- Ádám, A.—Duma, G.—Gutdeutsch, R.—Verő, J.—Wallner, Á. (1986): "Periadriatic lineament in the Alps studied by magnetotellurics." *J. Geophys.* **59**, 103—111.
- Ádám, A.—Duma, G.—Horváth, J. (1990): "A new approach to the electrical conductivity anomalies in the Drauzug—Bakony geological unit." *Phys. Earth Planet. Inter.* **60**, 155—162.
- Ádám, A.—Kaikkonen, P.—Hjelt, S. E.—Pajunpää, K.—Szarka, L.—Verő, J.—Wallner, Á. (1982): Magnetotelluric and audiomagnetotelluric measurements in Finland. *Tectonophysics* **90**, 77—90.
- Ádám, A.—Pospíšil, L. (1984): "Crustal conductivity anomalies in the Carpathian region." *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* **19**, 19—34.
- Ádám, A.—Varga, G. (1990): "Distortions of the electromagnetic field by shallow basins and by resistive outcrops." *Phys. Earth Planet. Inter.* **60**, 80—88.
- Ádám, A.—Verő, J. (1964): Ergebnisse der regionalen tellurischen Messungen in Ungarn. *Acta Techn. Hung.* **47**, 63—77.
- Ádám, A.—Verő, J. (1967): A magyarországi elektromágneses mérések újabb eredményei. *Geofizikai Közlemények* **16**, 25—52.
- Berdichevsky, M. N.—Dmitriev, V. I. (1976): "Distortion of magnetic and electrical fields by near-surface lateral inhomogeneities." *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* **11**, 277—285.
- Horváth, F.—Ádám, A.—Stanley, W. D. (1987): "New geophysical data: evidence for the allochthony of the Transdanubian Central Range." *Rend. Soc. Geol. It.* **9** (1986), 123—130.
- Jankowski, J.—Petr, V.—Pěčová, J.—Praus, O. (1984): "Goelectric anomaly in the Czechoslovak-Polish section of the Carpathians on the basis of geomagnetic and magnetotelluric soundings." *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* **19**, 81—91.
- Kázmér, M.—Kovács, S. (1985): "Permian-Paleogene paleogeography along the eastern part



- of the Insubric-Periadriatic Lineament system: evidence for continental escape of the Drauzug—Bakony unit." *Acta Geol. Hung.* **28**, 71—84.
- Korja, T. (1990): "Magnetotelluric studies in the Fennoscandian Shield, Finland." Doctoral Dissertation, University of Oulu.
- Kovács S. (1983): Az Alpok nagyszerkezeti áttekintése. Általános Földtani Szemle **18**, 77—155.
- Kucharič, L.—Mikulská, J.—Steiner, A.—Grecula, P. (1990): "West Carpathian Gemericum — a geophysical study." Paper read on the International Conference on Paleozoic Orogens in Central Europe — Geology and Geophysics, Göttingen, August 24—27, 1990.
- Oelsner, Chr. (1989): "Prospects and limitations of large-scale surface geothermal measurements." *Tectonophysics* **164**, 369—374.
- Pápa, A.—Ráner, G.—Tátrai, M.—Varga, G. (1990): "Seismic and magnetotelluric investigation on a network of base lines." *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* **25**, 309—325.
- Schmucker, U. (1986): "A regional quasi-anisotropy in West Germany." Poster presentation at the 8th EM induction Workshop in Neuchatel, August, 1986, organized by G. Fischer.
- Seiberl, W.—Steinhauser, P. (1980): Magnetische Messung entlang dem östlichen Teil des Periadriatischen Lineaments. *Mitt. österr. geol. Ges.* **71/72** (1978/1979), 291—298.
- Stanley, W. D. (1989): "Comparison of geoelectrical/tectonic models for suture zones in the western U.S.A. and eastern Europe: are black shales a possible sources of high conductivities?" *Phys. Earth Planet. Inter.* **53**, 228—238.
- Stanley, W. D.—Nagy, Z. (1989): "Magnetotelluric modeling and tectonics of the Kisalföld." Manuscript (GKV—US.GS.)
- Takács, E. (1968): "Anomalous conductivity of the upper crust in the NW foreground of the Bakony Mountains." *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* **3**, 155—160.
- Ucik, F. H. (1968): Überblick über die geologischen Verhältnisse des Gebietes um Eisenkappel. In: Marktgemeinde Eisenkappel—Vellach (ed.): 700 Jahre Markt Eisenkappel. Verlag des Geschichtsvereines für Kärnten, Klagenfurt, 142—160.
- Varga G. (1980): Földtani alapszelvények vizsgálata I. Jelentés az 1979. évi tellurikus és magnetotellurikus mérésekről. MÁELGI jelentés.
- Wallner, Á. (1977): "The main features of the induction arrows on the area of the Transdanubian conductivity anomaly." *Acta Geod. Geoph. Mont. Hung.* **12**, 145—150.



Ára: 90,- Ft